

MODELAGEM DE PLACAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS COMO UM SISTEMA ALTERNATIVO PARA PAVIMENTOS INDUSTRIAIS

Dilson Pasini Lima (1), Márcio Vito (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

[\(1\)dilsonplima@gmail.com](mailto:(1)dilsonplima@gmail.com), [\(2\)marciovito@unesc.net](mailto:(2)marciovito@unesc.net)

RESUMO

O presente estudo busca modelar um sistema inovador para atender as demandas em pavimentos industriais. Atualmente, o mercado de construção civil dispõe de inúmeros componentes pré-fabricados, porém há uma deficiência no quesito pré-moldagem com relação aos pavimentos em concreto para edificações industriais e comerciais. Através de softwares de modelagem computacional, buscou-se desenvolver um sistema que possibilite fabricação industrial, transporte, montagem, uso industrial e desmontagem de peças projetadas para compor um pavimento. Ao final, obteve-se a modelagem de placas que propõem um sistema de encaixe inovador, o qual possibilita a transferência de esforços e nivelamento superficial. O estudo mostrou que é possível formar um pavimento industrial a partir de peças pré-fabricadas em simulação computacional, no entanto é imprescindível levar o estudo adiante, buscando construir os modelos estudados e então compor, de forma disruptiva, um pavimento industrial pré-fabricado.

Palavras-chave: pavimentos industriais, inovação, pré-fabricados, modelagem, sistema de encaixe, patente de invenção.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho - ANAPRE (2011), o mercado de pisos industriais teve um crescimento abrupto a partir de 2000, atrelado ao crescimento da economia brasileira, culminando na construção de diversos polos industriais ao redor de todo o território nacional.

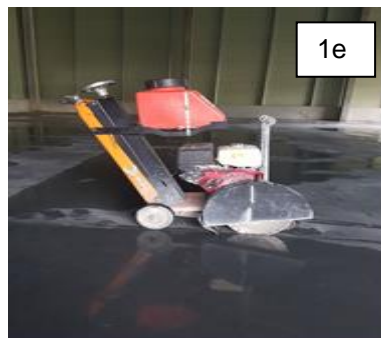
As pesquisas informam que não só a produção anual de pisos teve um crescimento significativo, mas também os controles de execução e de projeto se mostraram presentes. Ainda segundo ANAPRE (2011), o tamanho do total do mercado de pisos industriais no Brasil (2011) é de 42 milhões de m². Percebe-se um crescimento quando comparado com dados de 2010, que estimou o tamanho do mercado de pisos em 35 milhões de m², não apenas em área construída, mas também no aumento da formalidade técnica, aqui entendida como pisos que foram executados sob as normas, critérios e especificações de projeto.

Segundo Cristelli (2010) o método construtivo usual para execução de pavimentos de concreto industriais inicia pela etapa de preparação de subleito, onde é realizado a preparação do solo utilizado como fundação dos pisos industriais, o subleito atua absorvendo os esforços transmitidos pela sub-base e camada de concreto (Figura 1a). A etapa seguinte será a preparação de sub-base, onde devido as características heterogêneas e muitas vezes instáveis do solo de subleito, faz-se necessário execução de camada intermediária entre o pavimento de concreto e o subleito (figura 1b). As barreiras de vapor são comumente aplicadas através de filme de polietileno (lona plástica), conferem livre movimentação das placas de concreto, gerada pela retração e dilatação térmica, também através desta barreira, evita-se a perda de água para as camadas inferiores durante a cura (figura 1c). A placa de concreto é a camada estrutural de maior relevância nos pavimentos industriais, pois receberá diretamente todos os carregamentos e esforços, quando utilizada industrialmente pode ser reforçada com armaduras de aço, telas soldadas, fibras de aço, nylon ou por sistema de protensão de cordoalhas, pode-se observar placa de concreto recém executada (figura 1d). O acabamento superficial tem como principais

objetivos: a homogeneidade estética, impermeabilização e prevenção contra acúmulo de materiais indesejados. A escolha do tipo de processo de acabamento a ser utilizado depende exclusivamente da função desejada para área pavimentada, sendo os processos mais comuns: desempenho, alisamento e aplicação de elementos específicos como endurecedores de superfícies (figura 1e). Finalmente a etapa da execução de juntas, a qual possui duas funções básicas: permitir a movimentação superficial causada pela variação térmica (juntas serradas) (figura 1f) e também atuar como elemento auxiliar em concretagens alternadas de diferentes placas (juntas de construção).

Figura 1: a) Solo de subleito; b) Sub-base de material granular; c) Lona plástica e armadura; d) Camada de concreto; e) Processo de alisamento de superfície; f) Junta serrada.





Fonte: Autor

Autores da área de engenharia, tais como Gonçalves (2009), Lizi (2000) e Moscatelli (2011) obtiveram grande progresso em busca de amenizar ou extinguir as patologias em pisos de concreto, que variam desde o acabamento do pavimento, suas funções estruturais e até a transferência de esforços entre placas. Pode-se citar os trabalhos de: transferência de esforços entre placas, como é o caso de Gonçalves (2009) e Rodrigues (2010), padronização dos métodos de cálculo de dimensionamento para pavimentos de concreto, no trabalho de Lizi (2000) e também o estudo no uso de fibras de aço, trabalho de Moscatelli (2011). Os citados autores obtiveram resultados satisfatórios com as pesquisas desenvolvidas, apontando fatores que podem ser utilizados na melhoria da qualidade e durabilidade dos pavimentos de concreto.

Com os resultados obtidos foi possível observar que a fibra de aço possui um papel importante no controle da fissuração devido à solicitação de carregamento e que o aumento de sua dosagem contribuiu para o aumento de sua resistência à compressão axial. (Moscatelli 2011, pág 119).

Entre as pesquisas observadas, pode-se notar que os estudos limitam-se ao desenvolvimento e melhoria de técnicas inicialmente empíricas de execução in loco de pisos de concreto, porém os trabalhos realizados não buscaram inovar a produção em pavimentos de concreto industriais, portanto pode-se concluir que o sistema de concretagem in loco tem muito a evoluir, levando em conta que as tecnologias predominantes no mercado de edificações industriais, sejam em coberturas, fechamentos e a própria estrutura, todas já possuem pré-fabricação e

controle industrial, sendo apenas transportadas à obra para montagem, é comum observar a necessidade de mobilidade neste tipo de estruturas, a desmontagem e remontagem das partes se fazem necessárias por diversas razões, sendo as principais: desenvolvimento de novas máquinas (novas solicitações de carga), alterações em layout de produção e a necessidade de mudanças na localização de parque fabril. Portanto, conclui-se que é de suma importância desenvolver um produto pré-fabricado que possua mobilidade e também possa atender as demandas de um pavimento industrial.

Neste estudo, não procura-se aperfeiçoar as técnicas de execução ou dimensionamento em pisos de concreto convencionais, mas sim propor através da modelagem, uma nova forma de atender a demanda em pavimentos industriais.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é modelar placas de piso de concreto pré-fabricadas como um sistema construtivo alternativo para atender as demandas de um pavimento industrial.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir de estudos realizados na área de pavimentos industriais e elementos de concreto pré-fabricados, modelar placas que possuam um sistema inovador que possibilite produção industrial, transporte, montagem, uso industrial e desmontagem.

Levar em conta a finalidade de se obter, após a montagem das placas, um pavimento que possibilite a transferência de esforços e garantia de nivelamento superficial para operação rodoviária de máquinas industriais e estoque.

E por fim, elencar as vantagens e desvantagens do sistema proposto em relação ao sistema convencional.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na modelagem computacional do sistema alternativo de produção de peças para uso em pavimento industrial, foram adotados os seguintes softwares com intuito de melhor representar o processo de fabricação, transporte, montagem, uso e desmontagem dos elementos pré-fabricados, foram estes o GOOGLE SKETCHUP [1] e o AUTODESK 3D MAX [2].

Para discussão e formatação, bem como detalhar particularidades do sistema, realizou-se a modelagem pelo software SKETCHUP [1], o qual permite alterações rápidas e visualização do sistema de encaixe em três dimensões.

Pelo sistema de peças pré-fabricadas tratar-se de uma proposta inovadora na área de concreto pré-moldado, utilizou-se do software 3DMAX [2] para melhor explanação da etapa de montagem, sendo a fase que põe em prática o sistema de encaixe, inovação mais importante do estudo em questão.

É de suma importância ressaltar que o presente trabalho não trata de dimensionamento ou projeto de pavimentos de concreto, e sim de modelagem de um sistema alternativo com pré-fabricação que possa atender a demanda em pavimentos industriais. Buscou-se através da modelagem, representar o funcionamento do sistema de placas pré-fabricadas para pavimentos de concreto deste a produção até seu uso final, os condicionantes para cada etapa foram:

- **Processo de Fabricação Industrial:** Modelagem de placas que permitam produção através de fôrmas metálicas e concretagem única;
- **Transporte:** Limitantes de largura de placas, visando as dimensões permitidas nos caminhões e carretas, as demais dimensões das placas são variáveis de acordo com o espaço físico a ser pavimentado;
- **Montagem:** Modelagem de sistema de encaixe entre placas que proporcione comunicação dos esforços e também evite rebaixamentos isolados;
- **Desmontagem:** Propor elementos característicos do sistema que possibilite o destravamento e içamento de placas isoladas.

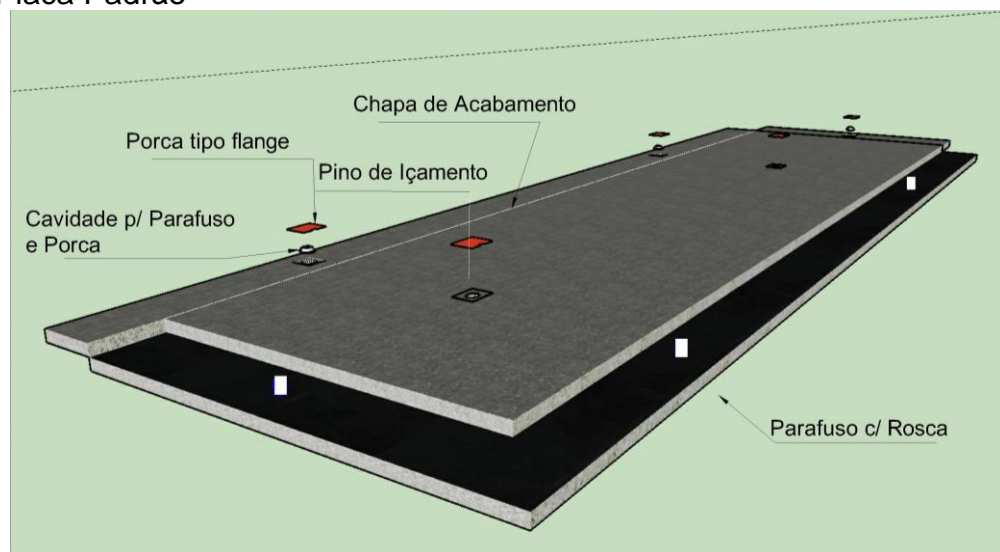
Em pavimentos industriais, como em qualquer outro tipo de obra, as características devem também atender as necessidades do cliente, portanto são diversas as situações a serem contornadas com o pavimento proposto, em sua maioria envolvendo tubulações, portanto representou-se a forma que o sistema construtivo contorna as adversidades de obra.

Quando propõe-se tornar o pavimento uma junção de peças pré-moldadas, única parte em edificações industriais que ainda não possui pré-fabricação, são inúmeras as vantagens a serem elencadas, bem como as desvantagens envolvidas nos estágios iniciais de produção, portanto confeccionou-se tabela demonstrativa comparando os sistemas proposto e convencional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após modelagem e simulações computacionais, obteve-se a seguinte configuração de placa de piso de concreto pré-fabricada padrão, representada na figura 2:

Figura 2: Placa Padrão



Fonte: Autor

3.1 FUNCIONAMENTO

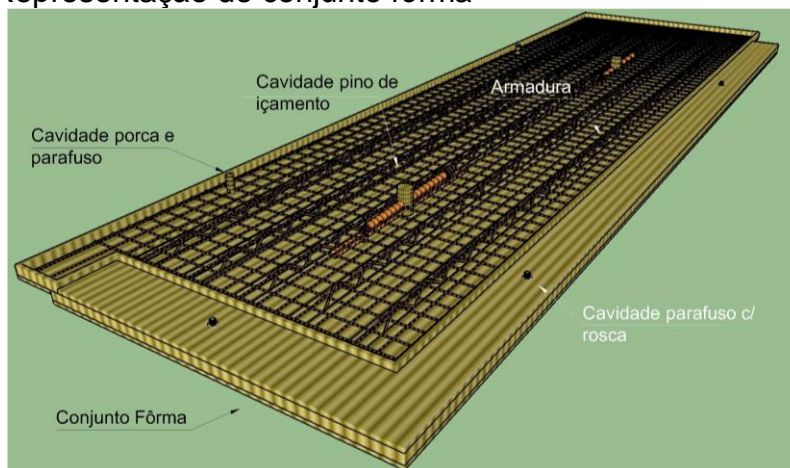
Para explicar o funcionamento do sistema apresentado na figura 2, é importante dividir a explanação em etapas, desde a produção até o uso final e desmontagem.

3.1.1 Processo de Fabricação Industrial

A fabricação do produto deve-se assemelhar com a dos demais elementos em concreto pré-fabricado, passando pelas seguintes etapas tradicionais:

1) Preparação de Fôrma e Armadura (figura 3)

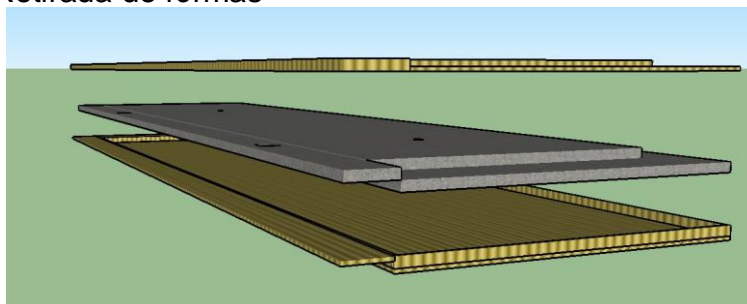
Figura 3: Representação de conjunto fôrma



Fonte: Autor

2) Concretagem, Cura e Desmoldagem (figura 4)

Figura 4: Retirada de fôrmas

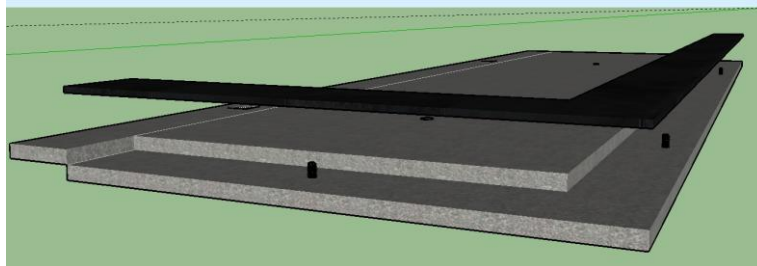


Fonte: Autor

3) Acabamento

Os únicos complementos característicos do sistema proposto durante o processo de fabricação são: o alisamento de superfície, também executado nos pavimentos de concreto convencionais a fim de garantir acabamento superficial, e também a aplicação de neoprene nos rebaixos, a fim de facilitar a trabalhabilidade no travamento das placas, conforme figura 5:

Figura 5: Aplicação de Neoprene nos Rebaixos



Fonte: Autor

3.1.2 Transporte

Nesta fase, explicam-se duas características importantes do sistema proposto, a estrutura de içamento e também a largura máxima da placa.

Primeiramente, a estrutura de içamento para prover ancoragem pelas máquinas hidráulicas de movimentação de cargas, conforme figura 6:

Figura 6: Caminhão guincho içando peça



Fonte: Autor

Através das cavidades previstas na concretagem da placa, pode-se enganchar a peça para realizar o içamento e alocação das placas na caçamba do caminhão. Como o transporte por caminhão é imprescindível para transportar as peças até o canteiro de obras, convencionou-se que a largura máxima da peça não deve ultrapassar os 2,60 m, conforme Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) (2010), maior largura permitida para veículos de transporte de carga, ressaltando

que as demais dimensões de cada peça devem ser concebidas de acordo com a limitações do espaço físico a ser pavimentado.

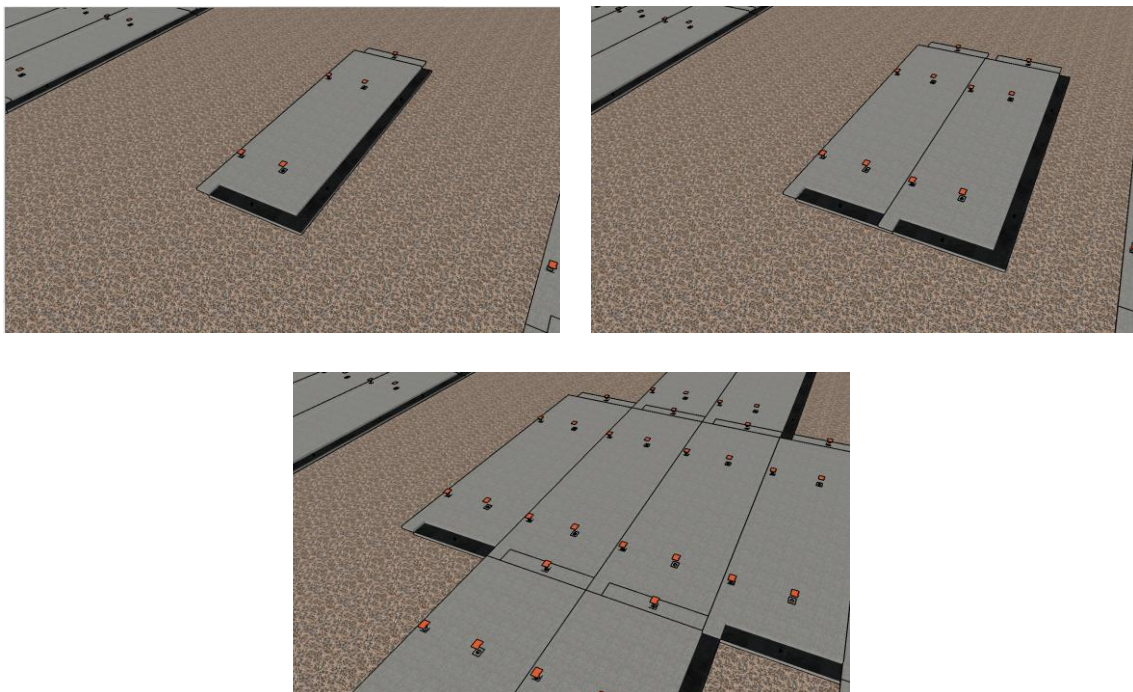
3.1.3 Montagem

Etapa mais influente nas características das placas pré-moldadas, a montagem acontece através do sistema de encaixe, o qual possui duas finalidades básicas: encaixe e travamento.

1) Encaixe

Observa-se que o formato da peça não é composto apenas de simples encaixes em ambas direções, mas também formato específico de rebaixos e balanços projetados a fim de possibilitar ligação de todas as placas em conjunto, formando uma estrutura monolítica através da transferência de esforços, a sequência de montagem pode ser observada na figura 7:

Figura 7: Encaixe das placas



Fonte: Autor

Da mesma forma que se realiza o içamento e transporte, descrito no item 2, utiliza-se de caminhão guincho para posicionar as placas nos encaixes adequados, conforme figura 8:

Figura 8: Posicionamento das Placas



Fonte: Autor

2) Travamento

O sistema proposto deve prevenir rebaixamentos de placas ou áreas isoladas através do aperto mecânico. Utilizando-se de barra roscada e porca tipo flange, realiza-se o travamento entre as partes, possibilitando nivelamento superficial, de acordo com figura 9:

Figura 9: Travamento através de aperto mecânico

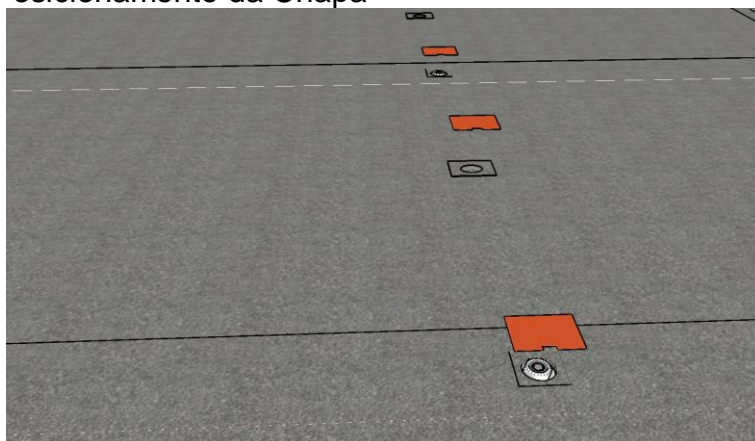


Fonte: Autor

Após o processo de aperto, usa-se de chapa metálica para fazer o acabamento de superfície, inseridas nas cavidades de travamento e também de

içamento, a fim de permitir o tráfego seguro sob superfície nivelada, conforme figura 10 e 11:

Figura 2: Posicionamento da Chapa



Fonte: Autor

Figura 3: Rodagem no Pavimento



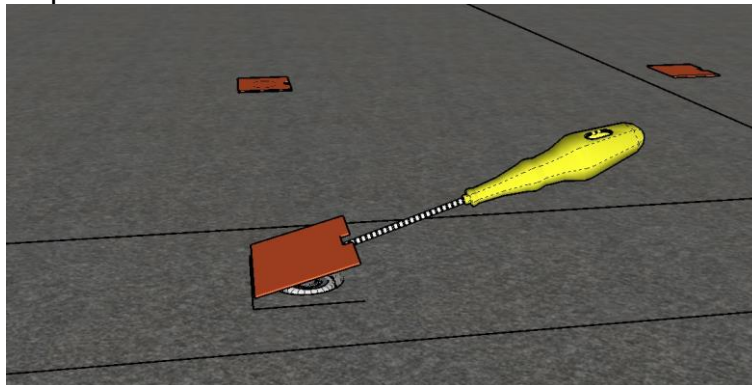
Fonte: Autor

3.1.4 Desmontagem

Ao mesmo tempo que o pavimento composto pelas placas deve possibilitar o uso industrial, deve ser possível desmontá-lo a qualquer momento, seja para manutenção, reposição ou transporte.

Portanto, são previstas nas chapas de acabamento cavidades para retirada das mesmas, assim liberando o acesso aos elementos de içamento e transporte, representados na figura 12:

Figura 4: Chapas de acabamento



Fonte: Autor

Com as cavidades livres, pode-se realizar o processo inverso descrito no item 3.1.3 (montagem), afrouxando as porcas e içando cada placa separadamente.

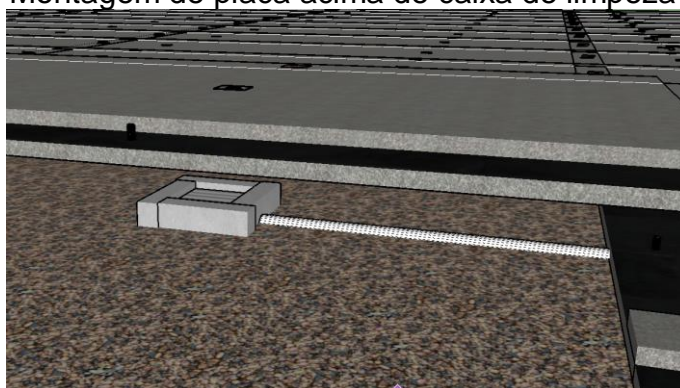
3.2 GENERALIDADES

3.2.1 Dutos para Limpeza e/ou Captação de Águas Pluviais

Em ambientes industriais, sobretudo nas áreas expostas a intempéries, é comum projetar-se redes para captação de águas pluviais e também realizar limpezas periódicas.

Neste caso, pode-se usar a cavidade que permite ancoragem no pino de içamento como acesso as caixas, é possível também, substituir a chapa de acabamento desta cavidade por uma grelha, assim limitando a entrada de materiais indesejado nas tubulações, processo descrito nas figuras 13 e 14:

Figura 13: Montagem de placa acima de caixa de limpeza



Fonte: Autor

Figura 5: Grelha de acesso a caixa de limpeza

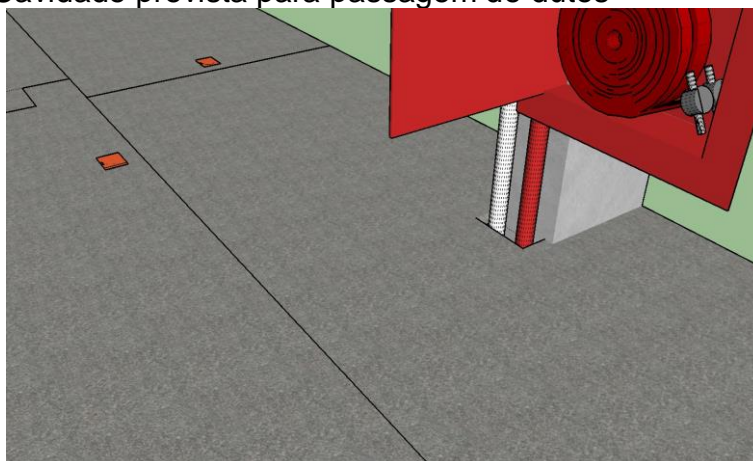


Fonte: Autor

3.2.2 Dutos de Tubulação Preventiva e Similares

Os dutos mais comuns que interferem na execução de pavimentos de concreto são os preventivos e pluviais, estas passagens, se previstas em projeto, são facilmente contornadas na produção dos pavimentos, como pode observar-se na figura 15:

Figura 6: Cavidade prevista para passagem de dutos



Fonte: Autor

3.3 COMPARATIVO ENTRE SISTEMA CONVENCIONAL E SISTEMA ALTERNATIVO PROPOSTO

Conforme tabela 1, listou-se as principais vantagens e desvantagens que o sistema proposto deve proporcionar em relação ao sistema convencional.

Tabela 1: Sistema Convencional e Sistema Alternativo

	Vantagens	Desvantagens
Sistema Proposto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dispensa mão de obra e resíduos na execução; ✓ Simples manutenção e reposição; ✓ Padronização industrial; ✓ Mobilidade; ✓ Produtividade; ✓ Sustentabilidade; ✓ Cria possibilidade de comércio das peças. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Alto investimento inicial de produção; ❖ Regularização compatível da base; ❖ Maior metragem de juntas de dilatação.
Sistema Convencional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Custo relativamente inferior; ✓ Aceita irregularidades na base; ✓ Contorna facilmente inclinações e formatos especiais. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Alta geração de resíduos; ❖ Concretagens podem levar noites inteiras; ❖ Erros na concretagem devem permanecer por toda vida útil do pavimento; ❖ Manutenções e reposições requerem demolição do pavimento;

		<ul style="list-style-type: none">❖ Execução gera alto nível de ruído;❖ Não permite mobilidade;
--	--	--

Fonte: Autor

4 CONCLUSÃO

Os estudos mostraram que é possível a criação de placas pré-moldadas para pavimentos industriais por modelagem computacional, foram apresentadas formas que o sistema atende as principais demandas em uso industrial, seu processo de fabricação e como o sistema deve contornar os obstáculos de montagem. Ainda que até o presente momento as placas apenas existam em projeto, conclui-se que a modelagem obtida é um passo importante na transição do sistema convencional de execução in loco para o sistema pré-fabricado.

Naturalmente, após a modelagem computacional, se faz necessário executar o sistema alternativo proposto na prática, somente nas devidas fases de execução, poderá saber-se se os elementos projetados atendem por inteiro as necessidades de todas as fases de construção do pavimento. Portanto, para trabalhos futuros deve-se buscar a complementação do sistema proposto, avaliando como o mesmo deve se comportar com as variáveis de cargas atuantes, tipos de solo, tamanhõs de vão e espessuras de placa. Lembrando que, por se tratar de um projeto inovador desenvolvido a fim de atender as demandas variáveis e evolutivas da indústria em geral, nunca estará completo.

O presente estudo é gerador de depósito em patente de invenção, identificado pelo código: *BR 10 2017 022294 2*.

REFERÊNCIAS

- [1] AUTODESK. **3D MAX 19.0 Student**. 2016 Autodesk, Inc. All rights reserved. License Serial Number: 900-48032851
- [2] ARAÚJO, D.I et al. **Modelagem computacional de vigas de concreto armado reforçado com fibras de aço submetidas a cisalhamento**: Modelagem computacional de vigas de concreto armado reforçado com fibras de aço. Ibracon, Goiânia, p.81-94, 2010.
- [3] GOOGLE. **Sketchup Pro 2017 Trial User**. Alphabet Corporation, 2016.
- [4] ANAPRE (Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho). **O mercado de pisos industriais no Brasil: cenário e perspectivas do segmento, resumo executivo.**, 2011. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/carta/ANAPRE_ResumoExecutivo_MercadoDePisos.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2017.
- [5] SILVA, Juliano Rodriguez da. **Estudo experimental de pavimento de concreto: influência da posição da barra de transferência e do tipo de concreto**. 2010. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
- [6] GONÇALVES DOS REIS, Fabio. **Esudo do uso de barras de transferência de comprimentos reduzidos em pavimentos rígidos de concreto autoadensável**. 2009. 28 p. Pesquisa (Engenharia Civil)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- [7] LIZI, Patrícia. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto**. 2000. 246 p. Pesquisa (Mestrado em Engenharia de Estruturas)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- [8] MOSCATELLI, Ivo. **Fibras De Aço Em Concreto De Cimento Portland Aplicados A Pavimento**. 2011. 153 p. Pesquisa (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- [9] DI PIETRO, João Eduardo. **Projeto, Execução e Produção de lajes com vigotes pré-moldados de concreto**. 1993. 99 p. Dissertação (Engenharia Civil)- UFSC, Florianópolis, 1993. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/157817/92004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- [10] CRISTELLI, Rafael. **Pavimentos Industriais de Concreto - Análise do Sistema Construtivo** - . 2010. 160 p. Monografia (Especialização em Construção Civil)- UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em:

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40774912/Pisos_Industriais.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1502760272&Signature=UXrSevw6ZltOFqKHZky5NRVuWac%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPISOS_INDUSTRIAIS_DE_CONCRETO_-ANALISE.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.

[11] COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO, CET. **Legislação para Transportes Especiais de Carga**. São Paulo: [s.n.], 2010. 1 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/20542/nt117.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

[12] BENTA, Agostinho A.; PICADO-SANTOS, Luís; MACEDO, Joaquim M.. **Reabilitação de um pavimento flexível: observação do estado superficial, avaliação da capacidade estrutural e soluções de reforço**. 5º Congresso Luso-moçambicano de Engenharia, Maputo, p.1-15, set. 2008.

[13] 1º SEMINÁRIO ANUAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO, 1., 2006, São Paulo. **1º Seminário Anual de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho...** [S.l.]: ANAPRE, 2006. 1-63 p.

[14] PENNA FIRME RODRIGUES, PÚBLIO; ROCHA PITTA, MÁRCIO. **Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados**. [S.l.: s.n.], 2006. 29 p.

[15] CEMENT ASSOCIATION, Portland (Org.). **Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements**. [S.l.: s.n.], 1995. 50 p.